



## EVALUASI KINERJA REAKTOR PIROLISIS NON KATALIS DALAM MENGKONVERSIKAN LIMBAH PLASTIK MENJADI BAHAN BAKAR MINYAK

### Performance Evaluation Of Non-Catalyzed Pyrolysis Reactor In Converting Plastik Waste Into Fuel Oil

Muhrinsyah Fatimura\*

Dosen Universitas PGRI Palembang  
Program Studi Teknik Kimia

\*email: [m.fatimura@univpgri-palembang.ac.id](mailto:m.fatimura@univpgri-palembang.ac.id)

Received : 12 Desember 2019; Accepted : 11 Januari 2020; Publish : Januari 2020

#### Abstrak

Penelitian ini bertujuan merancang dan mengevaluasi kinerja dari reaktor pirolisis dimana pengoperasian reaktor ini menggunakan proses pirolisis yang tidak menggunakan katalis untuk mengkonversikan limbah plastik menjadi bahan bakar minyak. Pada penelitian ini menggunakan plastik limbah kantong kresek dan cangkir plastik bekas minuman. Tujuan utama dari penelitian ini bagaimana menentukan kinerjanya dalam hal efisiensi konversi (%wt), efisiensi pengurangan limbah (%wt) dan *recovery* minyak (ml minyak/kg limbah plastik). Umpan limbah plastik kantong kresek dan cangkir plastik bekas minuman, dan kombinasi terlebih dahulu dibersihkan dan ukuran di perkecil sekitar 2cm, dengan massa umpan 500 gram limbah plastik ke dalam reaktor. Masing-masing di lakukan *running* sebanyak lima kali operasi, dengan lama waktu operasi 140 menit, tekanan 1 kg/cm<sup>2</sup> kondisi optimum yang dicapai pada temperatur 316.52 °C dan minyak dihasilkan 366.2 ml. Hasil yang didapat adalah efisiensi konversi kantong kresek 44.56 %wt, cangkir plastik minuman 47.49%wt, kantong kresek + cangkir plastik minuman 55.05%wt, efisiensi pengurangan limbah(%wt) kantong kresek 92.46 %wt, cangkir plastik minuman 93.28%wt, kantong kresek + cangkir plastik minuman 93.81%wt *recovery* minyak (ml/kg) kantong kresek 647.80 ml/kg, cangkir plastik minuman 599.6 ml/kg, kantong kresek + cangkir plastik minuman 732.4 ml/kg. Dari hasil kinerja reaktor pirolisis yang didapat kombinasi kantong kresek + cangkir plastik yang paling baik ini merupakan penanganan yang potensial dalam menghasilkan alternatif minyak dari plastik.

Kata Kunci: Evaluasi kinerja, plastik, reaktor pirolisis

#### Abstract

*This research aimed to evaluate the performance of Non-catalyzed pyrolysis Reactor to convert plastic waste into fuel oil. The types of Plastic used in this research are Crackle plastic and Plastic drink cup. The objectives of this research are how to determine the Performance of Non-catalyzed Pyrolysis Reactor in terms of Conversion Efficiency (% wt), Waste Reduction Efficiency (% wt) and Oil Recovery (ml oil / kg plastik waste). The Crackle plastic waste and plastic drink, and Combination of both Crackle plastic and Plastic drink cup are first cleaned and the size reduced about 2 cm, 500 grams of plastik waste is fed into the reactor and for each running on five times operations, during operating time of 140 minutes, pressure 1kg/cm<sup>2</sup> optimum conditions were achieved at temperature of 316.52 °C and oil produced 366.2 ml. The results obtained are The Conversion Efficiency of Crackle Plastic is 44.56 % wt, Plastic Drink Cup is 47.49% wt, Crackle Plastic + Plastic Drink Cup are 55.05% wt. The result of Waste Reduction Efficiency of Crackle Bag 92.46% wt, Plastic Drink Cup is 93.28 % wt, Both combination of Crackle Plastic + Plastic Drink Cup are 93.81% w. Oil recovery (ml / kg) of Crackle Plastic is 647.80 ml / kg, Plastic Drink Cups is 599.6 ml / kg, and Both Combination of Crackle Plastic + Plastic Drink Cups is 732.4 ml / kg. From the results above, The Performance of Non-catalyzed Pyrolysis Reactor The best combination Crackle plastic and Plastic drink cup is a Potential treatment in producing alternative oils from plastic waste.*

**Keywords:** Performance Evaluation, plastic, pyrolysis reactor



## PENDAHULUAN

Ketergantungan akan material berbahan plastik sangatlah tinggi, hampir setiap aktifitas kita menggunakan plastik sebagai suatu kebutuhan misal sebagai wadah belanjaan, tempat makanan, minuman dan lain sebagainya. Jenis plastik yang banyak digunakan dalam kehidupan masyarakat adalah Polypropylene (PP), Low Density Polyethylene (LDPE), Polyester Thermoplastik (PET), High Density Polyethylene (HDPE), dan Polystyrene (PS), Polyvinyl Chloride (PVC), Lainnya. Plastik memiliki banyak keunggulan dibandingkan bahan lainnya, termasuk praktis, tahan karat, dan ringan dalam penggunaannya [1]. Ketergantungan pada produk plastik memiliki dampak negatif terhadap lingkungan. Plastik bekas sangat sulit dikendalikan misalnya pada plastik jenis PVC ketika dibakar akan menghasilkan gas klorin. Sampah plastik sulit diintegrasikan yang membuatnya menimbulkan berbagai masalah, yaitu: sampah plastik menempati tempat yang seharusnya untuk sampah lainnya, jika terbakar akan membuat polusi udara dan jika badan air akan menyebabkan penyumbatan aliran [2].

Indonesia merupakan pengguna kantong plastik dengan 700 kantong / orang / tahun, rata-rata 0,12 kg sampah plastik / hari atau 100 miliar kantong plastik setiap tahun, data ini menjadikan Indonesia sebagai negara pengguna plastik terbesar kedua setelah Cina [3].

Semakin pesat perkembangan kota Palembang diiringi juga dengan menghasilkan banyaknya sampah. Peningkatan pemanfaatan plastik yang praktis dalam kehidupan sehari-hari berdampak pada penimbunan plastik di tempat pembuangan akhir. Saat ini jumlah sampah tiap harinya yang masuk di TPA Sukawinatan, Kelurahan Sukajaya

Palembang sekitar 800 ton hingga 900 ton perhari, namun jika memasuki hari libur jumlah sampah bisa menumpuk hingga 1.000 ton per hari sekitar 10% - 20% adalah sampah plastik, dimana 50% merupakan sampah plastik yang berasal dari limbah rumah tangga. [4]. Dari hasil pengamatan dilapangan sampah jenis kantong kresek dan cangkir plastik bekas mendominasi tempat pembuangan sampah sementara.

Kebijakan pemerintah untuk menerapkan kantong berbayar adalah salah satu program pemerintah untuk mengurangi penggunaan kantong plastik yang tidak terlalu efektif karena pengenaan biaya pada kantong plastik terlalu murah. Asosiasi Eceran Indonesia (Aprindo) sejak 1 Maret 2019, mengadopsi kebijakan kantong plastik Rp.200 per saham di gerai modern.



**Gambar 1.** Tempat pembuangan sampah sementara di Palembang yang didominasi Sampah plastik jenis kantong kresek dan cangkir plastik minuman.

Melihat semakin meningkatnya potensi sampah, maka perlu untuk mengelola sampah plastik tersebut antara mengubah sampah plastik menjadi bahan bakar. Dengan cara ini, dua masalah penting dapat diatasi, yaitu bahaya akumulasi limbah plastik dan pemulihan bahan bakar minyak, yang merupakan salah satu bahan baku plastik. Teknologi untuk mengubah limbah plastik menjadi bahan bakar minyak adalah dengan



cara *cracking*. Salah satu proses perengkahan adalah perengkahan termal. Proses mengubah limbah plastik menjadi minyak yang mudah terbakar dengan metode perengkahan termal dipengaruhi oleh beberapa parameter yang meliputi suhu pirolisis, jenis plastik, jenis laju input panas, reaktor pirolisis, suhu kondensasi dan lainnya [5]. Pirolisis adalah devolatilisasi proses pemisahan bahan berdasarkan suhu dimulai pada 230°C, ketika plastic tidak stabil secara termal dan bahan yang mudah menguap dalam limbah akan pecah dan menguap bersama dengan komponen lain [6]. Pirolisis merupakan langkah dari zona reaksi dalam beberapa tahap atau proses gasifikasi. Selama proses pirolisis, molekul hidrokarbon yang kompleks dari biomassa hancur menjadi molekul yang lebih kecil dan sintesis gas (biogas), cair (bio-oil) dan char (bio-char) [7]. Parameter utama yang mempengaruhi pirolisis adalah, waktu tinggal padatan temperatur, kerapatan dari partikel, ukuran partikel, laju pemanasan waktu tinggal volatil [3].

Beberapa penelitian terdahulu seperti perancangan reaktor pirolisis yang memiliki diameter 33 cm dan tinggi total 92 cm. Proses pirolisis yang dilakukan untuk mendapatkan minyak seperti bensin, dioperasikan pada temperatur 100-400° C dengan lama reaksi 0-60 menit. Dengan mengolah limbah plastik menjadi bahan bakar dibuat menggunakan reaktor berbahan stainless steel secara pirolisis [8]. Pada penelitian selanjutnya menggunakan reaktor pirolisis *batch* 2 kg dengan bahan bakar biomassa sampah kayu dengan diameter 0,3 m dan tinggi 0,3 m dan kondensor dengan panjang total 2,5 m mengolah sampah plastik jenis HDPE menjadi bahan bakar. Proses pirolisis dioperasikan pada suhu 400-450 ° C dan waktu reaksi 120 menit. Hasil tertinggi kondensat cair adalah 344 g dengan kerapatan 0,7 g / cm<sup>3</sup> dan memiliki nilai kalor 37 MJ / kg [9]. Perancangan selanjutnya dengan komponen alat adalah reaktor, kondensor satu dan dua, outlet minyak satu dan dua, termometer suhu, pengatur gas dan kompor. Reaktor pirolisis

mampu memproduksi 1.100 ml minyak bening dengan residu padat 178 gr dalam waktu uji coba 180 menit, suhu pirolisis 200°C-250°C, suhu tungku 438°C dan membutuhkan bahan bakar gas LPG 2 kg [10]. Temperatur sangat berpengaruh pada proses pirolisis, dimana kecepatan reaksi sangat dipengaruhi oleh temperature ketetapan ini mengacu dari persamaan Arrhenius, dengan nilai aktivasi energi 10.106,77 kJ/mol [11]. Pada proses pirolisis plastik jenis polietilene pada suhu 450°C didapatkan 61% cairan, 27% gas dan 12% padatan. Dimana Nilai persentase bahan bakar tergantung dari temperatur, desain reaktor, jumlah aliran nitrogen, jenis reaktor, dan *residence time* yang digunakan. Karakteristik bahan bakar cair yang di dapat mendekati bahan bakar biosolar sebagai bahan bakar pembanding [12].

Adapun tujuan utama penelitian ini adalah mengetahui bagaimana kinerja reaktor pirolisis non katalis yang di design dalam mengkonversikan limbah plastik menjadi bahan bakar minyak, mengetahui kinerja peralatan dalam hal efisiensi konversi (% wt), efisiensi pengurangan limbah (% wt) dan minyak pemulihan (ml minyak/kg limbah plastik) dan mengetahui apakah ada perbedaan yang signifikan pada kinerja peralatan dari berbagai jenis limbah plastik.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan dengan cara merancang reaktor pirolisis dan eksperimen. Perancangan peralatan reaktor pirolisis seperti pada gambar 2. terdiri dari :

- a. Reaktor
- b. *Furnace*
- c dan d. Kondenser.

Dengan tinggi reaktor 42 cm dan diameter 30 cm.

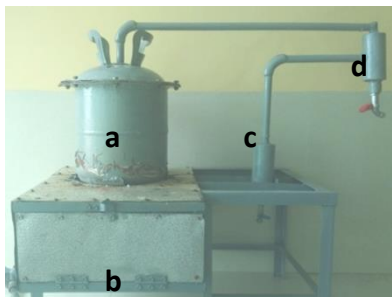
### Kondisi Operasi Reaktor:

Waktu Operasi = 140 menit  
Tekanan = 1 kg/cm<sup>2</sup>



## Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini kantong kresek bekas, cangkir minuman bekas dan gas LPG.



**Gambar 2.** Reaktor Pirolisis

## Variabel Dependent :

Massa umpan = 500gr, Tekanan = 1 kg/cm<sup>2</sup>

Waktu Operasi = 140 menit

## Variabel Independent :

Jenis Umpan Yang digunakan : Plastik kantong kresek dan minuman gelas, Temperatur.

## Prosedur Penelitian

Kantong kresek bekas dan cangkir minuman bekas terlebih dahulu di bersihkan dan dipotong kecil-kecil. Cangkir plastik minuman ditimbang sebanyak 500gr, selanjutnya sampel cangkir minuman yang telah ditimbang 500gr dimasukan kedalam reaktor kemudian dihidupkan *furnace* selama 140 menit. Temperatur reaktor diukur dan minyak yang dihasilkan volume dicatat dan ditimbang. Setelah reaktor dingin dibuka dan diambil char yang dihasilkan kemudian ditimbang beratnya. Mengulangi seperti prosedur diatas untuk eksperimen selanjutnya dengan limbah plastik jenis kantong kresek dan cangkir plastik minuman + kantong kresek.

## Evaluasi kinerja Reaktor

Dari eksperimen yang dilakukan didapatkan data yang akan dipergunakan untuk menggambarkan kinerja reaktor pirolisis dari

masing-masing jenis sampah plastik untuk membandingkan perbedaan kinerja peralatan tersebut.. Evaluasi kinerja reaktor pirolisis dievaluasi untuk efisiensi konversi (%wt), efisiensi pengurangan limbah (% berat), pemulihan minyak (ml minyak / kg plastik) digunakan rumus sebagai berikut [13]:

### a. Efisiensi Konversi (wt %)

$$CE = \frac{W_o}{W_{sm}} \times 100\% \dots\dots\dots 1)$$

CE : Efisiensi Konversi (%)

W<sub>o</sub> : Berat minyak yang terbentuk (g)

W<sub>sm</sub> : Berat umpan plastik (g)

### b. Efisiensi Pengurangan Limbah (wt %)

$$WRE = \frac{W_{sm} - W_c}{W_{sm}} \times 100\% \dots\dots\dots 2)$$

WRE : Efisiensi pengurangan limbah (%)

W<sub>c</sub> : Berat char di reaktor (g)

W<sub>sm</sub> : Berat umpan plastik (g)

### c. Recovery minyak (ml/kg)

$$OR = \frac{V}{W_{sm}} \dots\dots\dots 3)$$

OR : Recovery minyak (ml/kg)

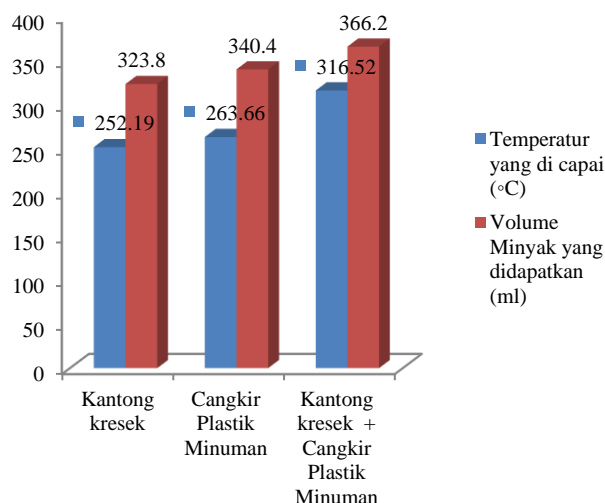
V : Volume minyak yang dihasilkan (ml)

W<sub>sm</sub> : Berat umpan plastik (kg)

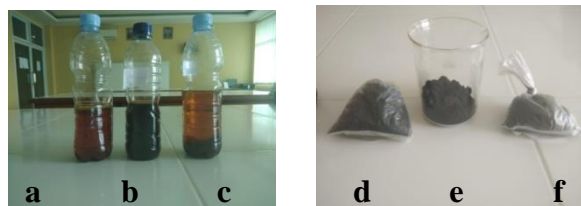
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil lima kali *running* yang dilakukan untuk tiga jenis umpan plastik yang diumpankan kedalam reaktor pirolisis didapat hasil rata-rata seperti pada gambar 3 dimana umpan kantong kresek + cangkir plastik yang paling baik dicapai yaitu temperatur 316.52 dan volume minyak sebesar 366.2 ml. Dari penelitian sebelumnya temperatur memberikan pengaruh paling besar terhadap minyak yang dihasil [11].





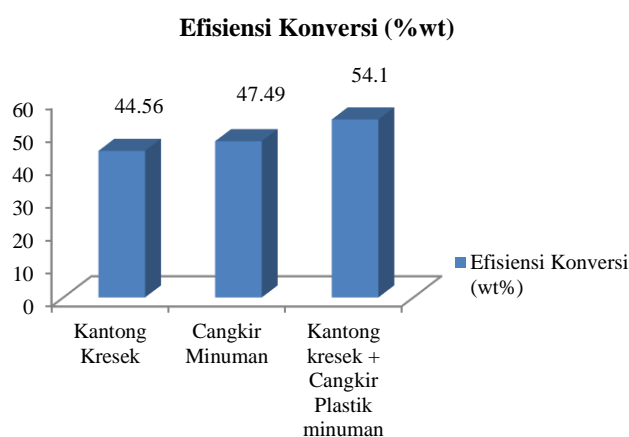
**Gambar 3.** Hasil minyak dan temperatur yang di capai rata-rata dari masing-masing umpan plastik



**Gambar 4.** Produk minyak hasil proses pirolisis menggunakan bahan baku : Kantong kresek+cangkir plastik minuman (a); Kantong kresek (b); Cangkir plastik minuman dan Char yang dihasilkan (c); Kantong kresek + cangkir plastik minuman (d); Kantong kresek (e); Cangkir plastik minuman (f)

Dari hasil eksperimen untuk limbah plastik jenis kantong kresek (LDPE) didapat konversi minyak sebanyak 323.8 ml dengan temperatur 252.19 °C dengan residu char sebanyak 37.70 gr, untuk jenis sampah plastik Cangkir Plastik Minuman (PP) konversi yang didapat sebesar 340.4 ml ,temperatur 263.66 °C residu yang dihasilkan char sebesar 35.58 gr, sedangkan untuk gabungan kantong kresek (LDPE) + Cangkir Plastik Minuman (PP) 366.2 ml, temperatur

316.52 °C dengan residu char yang dihasilkan 30.92 gr. Dari hasil pengoperasian temperatur sangat mempengaruhi proses pirolisis semakin tinggi temperatur volume minyak yang dihasilkan semakin banyak. Semakin banyak minyak yang dihasilkan semakin sedikit residu char yang dihasilkan. Dari hasil konversi reaktor di dapat efisiensi yang paling baik untuk jenis plastik gabungan kantong kresek + cangkir plastik minuman sebesar 54.1 % wt , dengan suhu yang dicapai selama 140 menit sebesar 316.52 °C dengan berat minyak yang didapatkan 366,2 gr dari ketiga jenis umpan plastik dapat dilihat pada gambar 4. Semakin tinggi temperatur yang dicapai semakin banyak minyak yang dihasilkan .



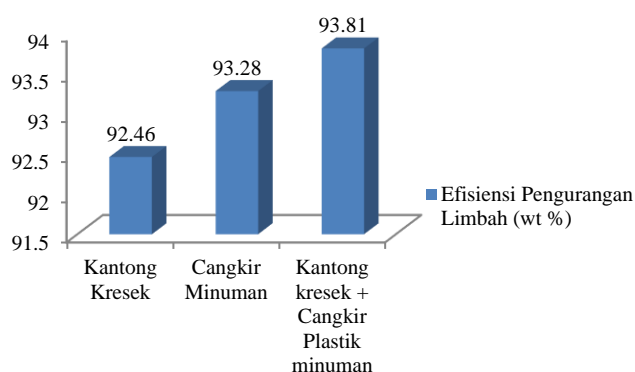
**Gambar 5.** Efisiensi konversi dari tiga jenis umpan plastik terhadap reaktor pirolisis

Gambar 5 Efisiensi pengurangan limbah adalah efisien peralatan dalam hal mengurangi limbah dalam hal berat sampah plastik .Dari gambar 5 didapat untuk jenis campuran kantong kresek dan cangkir plastik minuman memiliki efisiensi pengurangan limbah yang paling baik sebesar 93,81 %wt dimana char yang dihasilkan seberat 30,92 gr jadi sebanyak 469.08 gr terkonversi menjadi minyak dan gas . *Recovery* minyak adalah menghitung seberapa banyak minyak yang dapat di *recovery* oleh alat reaktor pirolisis per kg sampah plastik . dari hasil penelitian ini *recovery* minyak plastik yang paling baik di hasilkan yaitu gabungan sampah plastik kantong kresek + cangkir plastik minuman



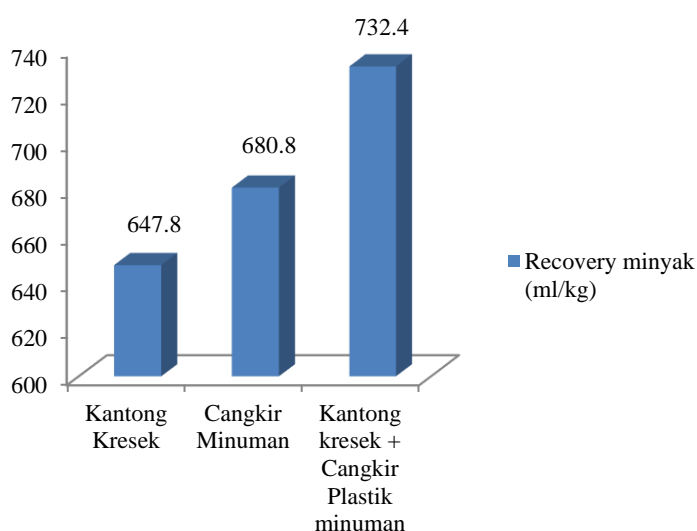
sebesar 732,4 ml/kg . Pada eksperimen ini gas yang terbentuk tidak di kumpulkan dan di kondensasi dikarenakan tidak tersedianya peralatan untuk mengumpulkan gas. *Recovery* bisa bertambah meningkat apabila gas yang terbentuk dapat di olah menjadi minyak sehingga dapat meningkatkan jumlah minyak yang terbentuk sehingga *recovery* dari limbah plastik dapat di maksimalkan.

**Efisiensi Pengurangan Limbah (%wt)**



**Gambar 6.** Efisiensi pengurangan limbah dari tiga jenis umpan plastik terhadap reaktor pirolisis.

**Recovery minyak (ml/kg)**



**Gambar 7.** Recovery minyak dari tiga jenis umpan plastik terhadap reaktor pirolisis.

## KESIMPULAN

Dari hasil pengoprasian reaktor pirolisis bahwa sampah plastik kantong kresek dan cangkir plastik minuman dapat dikonversikan menjadi minyak. Kondisi optimum untuk jenis umpan plastik campuran kantong kresek + cangkir plastik minuman yang paling banyak terkonversi menjadi minyak plastik dengan lama reaksi 140 menit dan temperatur yang dicapai 316,52°C volume minyak 366.2 ml . Evaluasi kinerja reaktor maksimum yang dicapai dalam hal efisiensi konversi, efisiensi pengurangan limbah dan *recovery* minyak adalah 54.10 %wt ,93.81 % wt, 732.4 ml/kg pada umpan limbah plastik jenis kantong kresek + cangkir plastik minuman yang di gabung .

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]Vasile,C,brebu.Solid waste treatment by pyrolysis methods”.2012.
- [2]Firman L Salwan, Djoko heru martono, Sri wahyono, Lis A wisoyodharma..Sistem Pengelolaan Limbah Plastik Indonesia.Jurnal Tek.Lingkungan P3TL-BPPT. 2015.6.(1):Hal. 311-318
- [3]Sulistya Ekawati.2016. Mengkritisi Kebijakan Penanganan Kantong Plastik di Indonesia.policy brief. 2016.10 (6): Hal.1-4.
- [4]Alex Fernandus. Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kota Palembang (<https://sumsel.idntimes.com>),2019. Diakses 13 Agustus 2019.
- [5]Untoro Budi Surono dan Ismanto.2016. Pengolahan Sampah Plastik Jenis PP, PET dan PE Menjadi Bahan Bakar Minyak dan Karakteristiknya. Jurnal Mekanika dan Sistem Termal, April 2016. Vol. 1(1), ISSN : 2527-3841 ; e-ISSN : 2527-4910;Hal.311-318.



- [6]D. Mustofa K. Fuad Zainuri.. Pirolisis Sampah Plastik Hingga Suhu 900 C Sebagai Upaya Menghasilkan Bahan Bakar Ramah Lingkungan. Simposium Nasional RAPI XIII - ISSN 1412-9612FT UMS.2014;Hal.M-98-M-102
- [7]Ali Mustofa. Karakteristik *Bio-Oil* Sampah Kota Bandar Lampung Menggunakan Metode Pirolisis Isotermal Berkatalis Alam . Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung. 2016.Hal 21-25
- [8]Md Santo Gitakarma,Luh Krisnawati, I Wyn Sutaya,Ketut Udy Ariawan, Agus AdiartaPengembangan Teknik Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Di Tpst Desa Anturan, Buleleng.2016. ISSN Cetak : 2541-2361 | ISSN Online : 2541-3058 Seminar Nasional Vokasi dan Teknologi (SEMNASVOKTEK). Denpasar-Bali, 22 Oktober 2016.;Hal.353-360.
- [9]Fathurrahman Naufan.Desain Alat Pirolisis Untuk Mengonversi Limbah Plastik Hdpe Menjadi Bahan Bakar.Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor Bogor 2016;Hal.1-39
- [10]Raden Segara Wasesa, Nur Hilal, Budi Triyantoro.2016.Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Dengan Alat Pengolahan Sampah Plastik *Fixed-Bed* Reaktor, Dua Kondensor Tahun 2016. Keslingmas Vol. 35 Hal. 152-277
- [11]Nasrun, Eddy Kurniawan, Inggit Sari.2015.Pengolahan Limbah Kantong Plastik Jenis Kresek Menjadi Bahan Bakar Menggunakan Proses Pirolisis. Jurnal Energi Elektrik Volume IV Nomor 1 Tahun 2015.IV(1);Hal.1-5.
- [12] Prabuditya Bhisma, Wisnu Wardhana, Harwin Saptoadi. Konversi Limbah Plastik Polietilen Menjadi Bahan Bakar Dengan Metode Pirolisis. Jurnal DISPROTEK Januari 2016.Volume 7 No.1 ;Hal.1-4.
- [13]Elmo C. Rapsing, Jr. *Performance Evaluation of Waste Plastic Oil Converter. Asia Pacific Journal of Multidisciplinary Research*. 2017.Vol. 5 No.2;P.58-63